



## Toepassingsmogelijkheden pigmentfolie

Materiaaleigenschappen van de fotoselectieve pigmentfolie van Floralum en teelteffecten op roos en tomaat

E.(Ernst) van Rijssel (PPO) en Y(Yuri) Romashev (Floralum)

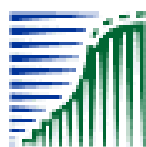
© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. ....; € ...,...

Dit project is gefinancierd door PT en LNV in het kader van de verbetering van de licht-efficiëntie.



Projectnummer: 41414047

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.**

Glastuinbouw

Adres : Linnaeuslaan 2a  
: 1431 JV Aalsmeer  
Tel. : 0297-352525  
Fax : 0297-352270  
E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

|   |    |
|---|----|
| SAMENVATTING .....  | 5  |
| 1 INLEIDING.....  | 6  |
| 2 MATERIALEN EN METHODE MATERIAALMETING.....                | 7  |
| 3 RESULTATEN MATERIAALMETINGEN .....                        | 8  |
| 3.1 Kwaliteit en duurzaamheid.....                          | 8  |
| 3.2 De werking van de pigmenten in de folie .....           | 8  |
| 3.3 Licht metingen onder zonlicht.....                      | 10 |
| 3.4 Licht metingen onder lamplicht.....                     | 12 |
| 3.5 Opmerkingen Floralum bij de metingen.....               | 13 |
| 4 MATERIAAL EN METHODE PRAKTIJKPROEF .....                  | 14 |
| 5 RESULTATEN PRAKTIJKPROEF .....                            | 15 |
| 5.1 Resultaten lichtmeting .....                            | 15 |
| 5.2 Resultaten bij roos.....                                | 15 |
| 5.3 Resultaten bij tomaat.....                              | 17 |
| 6 DISCUSSIE .....   | 20 |
| 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....                         | 22 |
| 7.1 Conclusies materiaalmeting.....                         | 22 |
| 7.2 Conclusies effecten op de productie .....               | 22 |
| 7.3 Aanbevelingen .....                                     | 22 |
| BIJLAGE 1: RESULTATEN KWALITEITS- EN DUURZAAMHEIDTEST ..... | 23 |
| BIJLAGE 2: ABSORPTIESPECTRUM UV PIGMENT IN DE FOLIE .....   | 25 |
| BIJLAGE 3: EMISSIESPECTRUM UV-PIGMENT IN DE FOLIE .....     | 26 |
| BIJLAGE 4: ABSORPTIE EN EMISSIE SPECTRUM IR-PIGMENT .....   | 27 |
| BIJLAGE 5: EMISSIE SPECTRUM IR-PIGMENT IN DE FOLIE .....    | 28 |



## Samenvatting

De fotoselectieve pigmentfolie is een folie die pigmenten bevat die delen van de UV en infrarode straling uit het zonlicht absorberen en onder invloed van de geabsorbeerde straling fluoresceren met blauw, resp. rood licht. Een neveneffect van de pigmentkorrels is dat het niet geabsorbeerde licht wordt verstrooid, de folie is dus niet helder maar zorgt voor een diffuse doorlating.

Toepassing van de folie in de glastuinbouw wordt gezien als een plakfolie op het kasdek. Een gunstig neveneffect daarbij is dat het glas bij glasbreuk wordt vastgehouden en niet op het gewas valt. Bij het plakken van de folie wordt het glas vochtig gemaakt, het vocht wordt naar buiten weggestreken bij het gladstrijken van de folie. Een restant van het vocht zorgt bij zonnig weer voor het ontstaan van blaasjes tussen glas en folie. Om dit te voorkomen is het restant van de folie geperforeerd, doch het effect ervan is nog niet getoetst.

Bij verwijdering van de folie zal de lijmlaag met de folie mee verwijderd worden. Bij temperaturen  $<10^{\circ}\text{C}$  kunnen lijmresten op het glas achterblijven.

Meting van de lichttransmissie per 5 mm aan glas en glas met folie laat geen spectrale verschillen zien, ook niet bij een verhoogde glastemperatuur. De folie oogt ook volledig kleurloos. Fluorescentie van de pigmenten met blauwe en rood licht is dus niet waargenomen, wel is gemeten dat de UV transmissie door de folie 20-30% lager lag dan onder glas. Mogelijk is de lage fluorescentie te wijten de beperkte hoeveelheden UV en IR straling in het zon- en lamplicht, doch het resultaat is wel conform eerdere metingen aan transmissie van zonlicht door heldere pigmentlijm. De metingen hebben laten zien dat de transmissie van glas door het opplakken van de folie terugloopt met 3-13%, afhankelijk van de invalshoek van het licht op het oppervlak. Bij loodrechte inval is de terugval laag, bij meting onder diffuus licht hoog.

Toetsing van het effect van de folie op de gewasgroei is uitgevoerd op proefplekken op een rozen- en een tomatenbedrijf. Het beoogde slabedrijf is afgefallen. Er is gekeken naar verschil in productie en productkwaliteit ten opzichte van een controleplek in de periode van week 19-40 (roos) en 24-49 (tomaat). Het betrof een rozenbedrijf met belichting waar in de zomer licht is gekrijten een tomatenbedrijf zonder belichting. Op het rozenbedrijf in het behandelde vak niet meegekrijt. Op het rozenbedrijf hebben beide proefvakken ongeveer eenzelfde lichtsom gehad. De productkwaliteit lag op beide vakken gelijk doch de productie lag onder het behandelde vak ca. 10% hoger. Dit was toe te schrijven aan een hogere groeisnelheid van de rozen, 1 week sneller op de 7-8 weken per snee. Een effect op bladgrootte of –kleur is alleen in de warmste dagen gevonden. Het blad in het vak onder de folie was iets kleiner, soms wat lichter van kleur en wat vezeliger van structuur dan in het gekrijte vak. Op het tomatenbedrijf heeft het behandelde proefvak een lichtsom gehad die ca. 10% lager lag dan in het controlevak. Tussen beide vakken met tomaat is geen verschil gevonden in productiekwaliteit noch in productieniveau. Zowel de hoeveelheid afval als vrucht- en trossgewicht lieten geen verschillen zien. Ook de groeisnelheid van het gewas lag voor beide vakken gelijk.

In dit project is gekeken naar de effecten van de fotoselectieve pigmentfolie op gewassen. Omdat het een proef betrof in proefvakken op praktijkbedrijven kon wel gekeken worden naar de effecten van de folie op het doorvallend licht en naar de gewaseffecten doch niet naar mogelijke effecten op het kasklimaat. Het onderzoek geeft ook geen antwoord op de vraag of het effect geheel moet worden toegeschreven aan het doorgelaten stralingsspectrum (minder UV en infrarode straling, meer blauw en rood) of ook voor een groter of kleiner deel aan de meer diffuse doorlating van het beschikbare zonlicht.

De toepasbaarheid van het materiaal wordt vergroot als de lichttransmissie van het materiaal verbetert of als naar specifieke toepassing wordt gezocht, bijvoorbeeld op kassen met een foliedek of pigmenten in schermmiddelen. Nader onderzoek is gewenst naar het effect van het materiaal en effecten op het (micro)kasklimaat.

# 1 Inleiding

Floralum heeft samen met partners een folie ontwikkeld dat pigmenten bevat die delen van de UV en Infrarode straling omzetten in zichtbaar licht. Deze folie is voorzien van een lijmlaag en dient om op de buitenzijde van het glas van kassen te plakken ter verbetering van het groeiklimaat van planten.

In het projectvoorstel om de folie te testen is voorzien in een uitwerking in twee fasen. Een eerste fase waarin de materiaaleigenschappen van de folie worden bekeken en een tweede fase om het effect van het materiaal op groei en productie in een praktijkproef bij drie gewassen te testen.

In de hoofdstukken twee tot en met vier van dit rapport worden de resultaten van de uitgevoerde materiaaltesten beschreven.

In de hoofdstukken vijf tot en met zeven wordt beschreven welke effecten gevonden zijn op rozen en een tomatenbedrijf waar de folie op een vak van ca. 15 bij 20 m van het dek is aangebracht. Op het slabedrijf kon de proef helaas geen doorgang vinden.

Het onderzoek is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het ministerie van LNV om een bijdrage te leveren aan het verbeteren van de lichtbenutting binnen de glastuinbouw.

## 2 Materialen en methode materiaalmeting

Het geproduceerde materiaal is een harde heldere polipropyleen folie met een drukgevoelige acryl lijmlaag. Het materiaal is bij firma Flexcon in Weesp getest op kwaliteit en duurzaamheid. De veroudering is getest door het materiaal gedurende 1500 uur onder een Xenon lamp te belichten.

De werking van de pigmenten is in opdracht van Floralum gemeten in Engeland. Hierbij is gemeten bij welke golflengten zowel de pigmenten als de folie straling absorberen bij welke golflengten het geabsorbeerde licht via fluorescentie als zichtbaar licht wordt uitgestraald. De resultaten van deze metingen zijn opgenomen in de bijlagen 2 t/m 5.

Met de LI-cor 1800 is het zonlichtspectrum gemeten in het meetgebied van 300-850 nm. Hierbij is het spectrum gemeten zonder bedekking van de sensor, na afdekking met glas en na afdekking met glas met opgeplakt folie. Bij de meting is gebruik gemaakt van dezelfde glasplaat. Er is gemeten bij constante lichtomstandigheden bij heldere hemel en bij lichte sluierbewolking. Tijdens de meting is ter controle het lichtniveau continu gemeten met een PAR-Quantumsector, ter controle op constante omstandigheden en om verschillen in lichtniveau tussen de metingen te kunnen corrigeren.

Op de meetbol van Wageningen UR, Agritechnologie en Food Innovations, is met lamplicht gemeten. Er is gemeten bij welk spectrum gemeten is (lampspectrum), bij bedekking van de bol met glas en bij bedekking met glas met opgeplakt folie. Het lampspectrum is aangegeven in hoofdstuk 3.

## 3 Resultaten materiaalmetingen

### 3.1 Kwaliteit en duurzaamheid

FLEXcon Europe heeft de materiaaleigenschappen vooraf getest. Het testrapport van Flexcon is bijgevoegd als bijlage 1. Uit het rapport blijkt dat dit materiaal, onder Midden-Europees klimaat, gedurende zeker twee jaar zonder kwaliteitsverlies gebruikt kan worden. De folie beschermt het gewas tevens tegen hagelschade en het gewas, geen vallend glas bij glasbreuk.

Na afloop van de gebruikperiode is het zonder achterlating van lijmresten te verwijderen. Het kan als normaal folieafval worden afgevoerd. De folie is voorzien van een verwijderbare kleefstof met een hoge aanvangshechting, dit om te voorkomen dat de folie tijdens sterke wind wordt weggeblazen. Deze folie/kleefstof combinatie is echter goed verwijderbaar als het warmer is dan ongeveer 10° C. Een lagere (buiten) temperatuur zorgt ervoor dat de kleefstof en/of folie zich gaat splitsen waardoor er delen achterblijven op de ramen die dan alleen meteen sterk oplosmiddel (zoals MEK) kunnen worden verwijderd.

Advies van FLEXcon Europe is om te beginnen met verwijderen zodra de buitentemperatuur rond de 10° C is (hoger is beter). Sander de Jong, Market Development & Technical Service Manager, heeft de monsters die bij Flexcon op glazen testpanelen (binnen, dus bij kamer temperatuur) probleemloos kunnen verwijderen.

Tijdens het aanbrengen op de ruiten van kassen is gebleken dat niet al het zeep/water effectief kan worden verwijderd. Hierdoor ontstaan er tijdens opwarming waterdampbellen onder de folie welke de transparantie doen verminderen. We denken hier een oplossing voor gevonden te hebben door de film te micro-perforeren waardoor de waterdamp kan ontsnappen. Een deel van de folie is al geperforeerd maar moet nog in de praktijk worden getest.

Naar aanleiding van resultaten die nu binnenkomen vanuit het project is te verwachten dat de folie nog verder ontwikkeld moet worden op de volgende punten:

1. Verhogen van de transparantie
2. Langere levensduur van de folie in buitentoepassingen
3. Gegarandeerde verwijderbaarheid na economische levensduur (3 tot 5 jaar?)
4. Opschalen naar verwachte hoeveelheden die verkocht gaan worden

De vier bovenstaande punten impliceren het overgaan naar een andere kunststof (waarschijnlijk PET met transparantie tot 99%)

Ter oplossing van deze problemen is begonnen om 2 grondstoffen toe te voegen aan een UV gestabiliseerd PP granulaat. Met dit granulaat is een transparante PP film gegoten met een dikte van 200 micron. We hebben hiervoor gekozen omdat door middel van dit proces lage productie hoeveelheden kunnen worden gemaakt. Deze film is voorzien van een lijmlaagV-58, welke een verwijderbare acrylaat kleefstof is en een PET drager om een optimale transparantie te krijgen.

Deze informatie is aangeleverd door Sander de Jong, Market Development & Technical Service Manager FLEXcon.

De combinatie FL-LP, UV en IR pigmenten in PP film hebben de lichttransformerende eigenschappen niet optimaal laat zien. Dit komt waarschijnlijk door:

- a. Lage concentratie ( 0.1 en 0,3 %) van LP kristallen in polymeermatrix.
- b. Niet voldoende toevoeging van activatoren voor IR absorptie in IR pigment, daardoor blijft de lichttransformerende eigenschap in rode gedeelte van PAR zeer zwak.
- c. Plastic werd geplakt op de kassen veel later (2,5 maanden) dan gepland.
- d. Lagere zonintensiteit in de afgelopen zomerperiode met de vaak bewolkte weer.

Naar aanleiding van alle testresultaten wordt geconcludeerd dat combinatie van UV en IR pigmenten moeten nog geoptimaliseerd zijn in hun technische samenstelling.

Deze informatie is aangeleverd door Yuri Romashev, Floralum.

### 3.2 De werking van de pigmenten in de folie

Floralum heeft meetresultaten aangeleverd die aangeven in welk deel van het stralingstraject de pigmenten worden geactiveerd (stralingsenergie absorberen) en in welk golflengtegebied ze vervolgens de opgenomen energie via

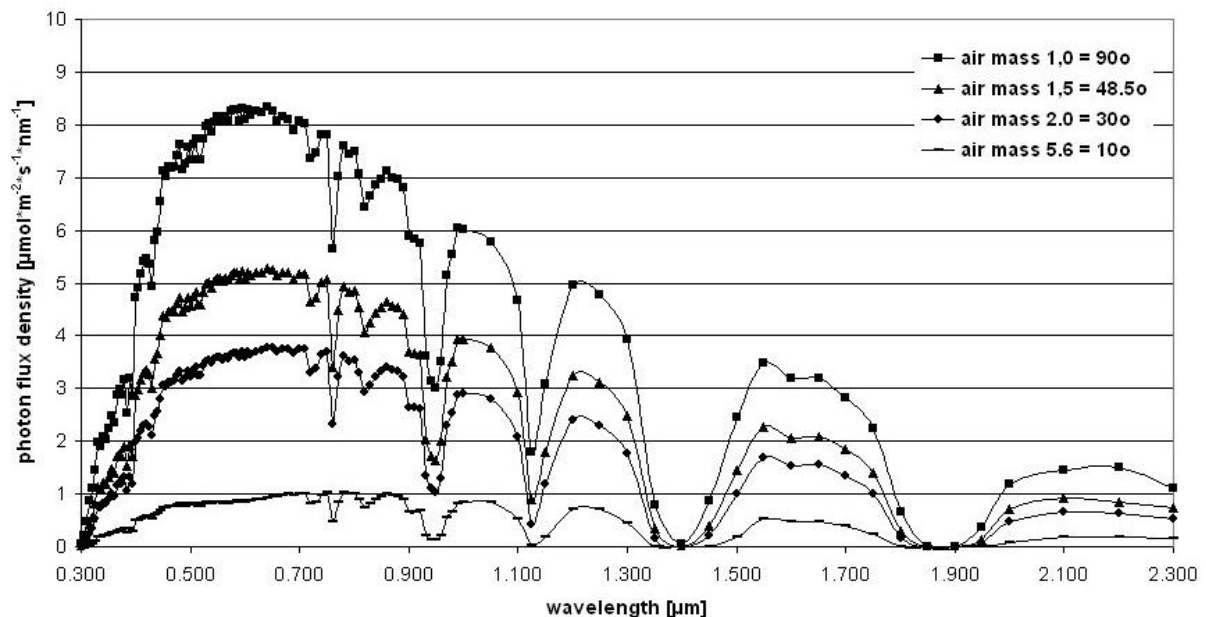


luminescentie omzetten in zichtbaar licht.

Uit deze metingen blijkt dat het UV-pigment alleen UV-A stralingsenergie absorbeert (300-400nm) en dan voornamelijk in het eerste deel ervan. Dit is een traject waarin het stralingsaandeel het zonlicht beperkt is, figuur 1. Via luminescentie wordt de geabsorbeerde energie weer als blauw licht uitgestraald.

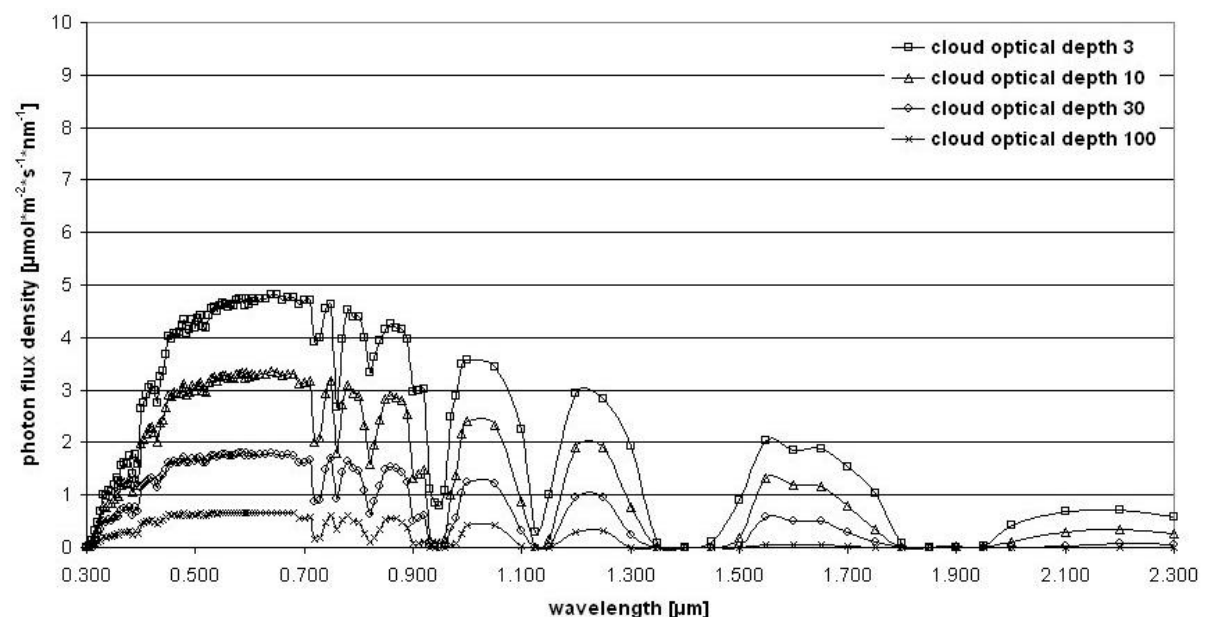
Vervolgens blijkt dat het IR-pigment in de folie stralingsenergie absorbeert in een beperkt traject van ca. 100 nm breed. Het is wel een traject waarin het stralingsaandeel van het zonlicht relatief hoog is, figuur 1. De geabsorbeerde energie leidt tot luminescentie van rood licht (650-700 nm).

Figuur 1 : Globale straling (fotonen) als functie van de golflengte zonder bewolking bij verschillende zonnestanden tijdens het seizoen uitgedrukt in aantal fotonen (Bron Wageningen-UR, A&F)



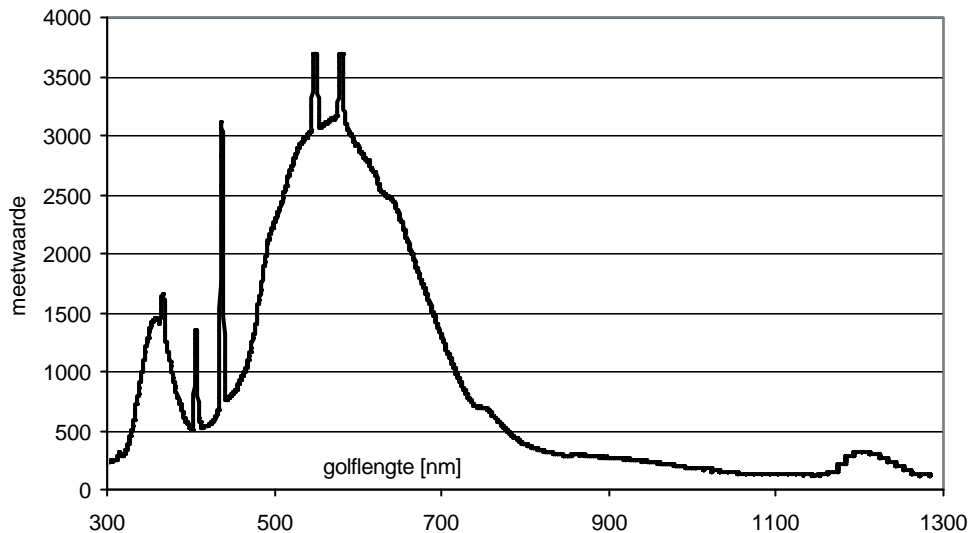
De zonnestand en de bewolgingsgraad hebben een grote invloed op de hoeveelheid straling doch slechts een beperkte invloed op het stralingsspectrum van het zonlicht. Het aandeel UV-licht blijft vrij laag maar het aandeel IR-straling (800-1800 nm) neemt zelfs relatief toe bij lagere zonnestanden en bij bewolkt weer, figuur 1 en 2. De werking van de pigmenten moet daarom onafhankelijk van de weersomstandigheden kunnen worden gemeten.

Figuur 2: Globale straling als functie van de golflengte met verschillende bewolkingsgraden uitgedrukt in aantal fotonen. (Bron Wageningen-UR, A&F)



Het lichtspectrum van de lamp waarmee gemeten is, figuur 3, bevat een aanzienlijk aandeel straling in het UV-A doch slechts een beperkt deel in het relevante deel van de infrarode straling, figuur 3. Onder dit lamplicht moet het mogelijk zijn om de werking van het UV pigment aan te tonen, beter dan met zonlicht. De werking van het infrarood pigment zal lastig aan te tonen zijn onder dit lamplicht.

Figuur 3: Spectrum van de lichtbron waarmee monsters van glas en glas met folie zijn doorgemeten



#### *Diffuse verstrooiing van zonlicht*

Licht dat op de pigmentkorrels valt wordt niet geabsorbeerd maar wel verstrooid, omgezet naar diffuus licht. Dit effect is direct zichtbaar aan de folie, het is niet helder en slagschaduwen vervagen achter de folie.

### 3.3 Licht metingen onder zonlicht

De emissie spectra van de pigmenten in de folie, zie bijlage 3 en 5, laten zien dat emissie van de pigmenten verwacht mag worden bij ca. 450 en tussen 650-700 nm.

Om de effecten van de luminescentie zichtbaar te maken zijn de spectra van zonlicht, zoals die gemeten zijn onder glas en onder glas met folie, weergegeven in % van het spectrum van de onbedekte hemel.

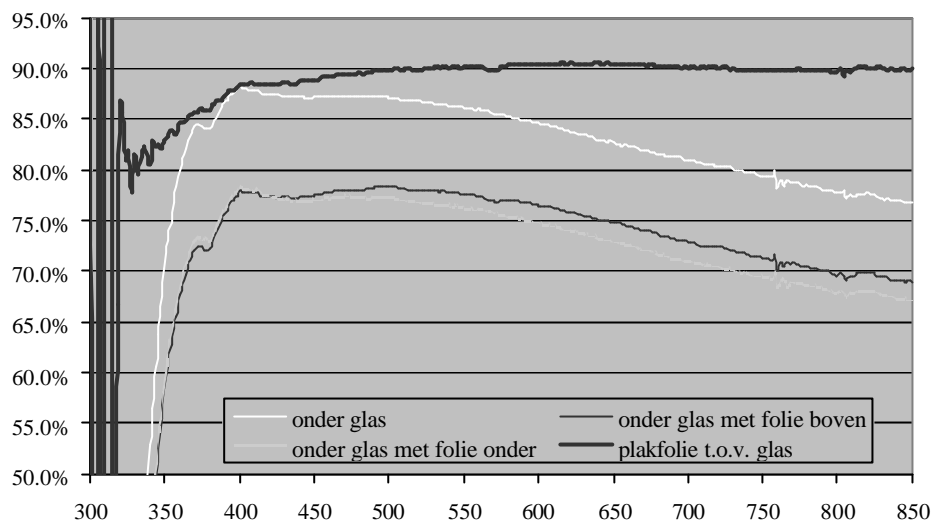
Op 28 februari, midden op de dag met een lichte sluierbewolking geeft glas een gemiddelde transmissie aan van 85,3% en het glas met folie van 76,7%, zie figuur 3. De opgeplakte folie geeft dus een beperkte verlaging van de lichttransmissie.

Om de luminescentiepieken beter zichtbaar te maken zijn de spectra onder glas en onder folie onderling met elkaar vergeleken, zie de lijn plakfolie t.o.v. glas. In deze lijn is te zien dat de transmissie in het UV-traject van 300-400 nm, bij glas maar zeker bij glas met folie, lager ligt dan in het zichtbare licht, 400-700 nm. Het effect van luminescentie die hierdoor ontstaat bij ca 450 nm is nauwelijks te zien. Ook de luminescentie in het traject tussen 650 en 700 nm valt in deze meting niet of nauwelijks terug te vinden.

Op 1 maart, aan het begin van de dag met een lage zonnestand, zijn lagere transmissie gemeten. Glas gaf een transmissie van 76,5% en glas met folie 68,6%. Ook dan een beperkte verlaging van de transmissie door de folie.

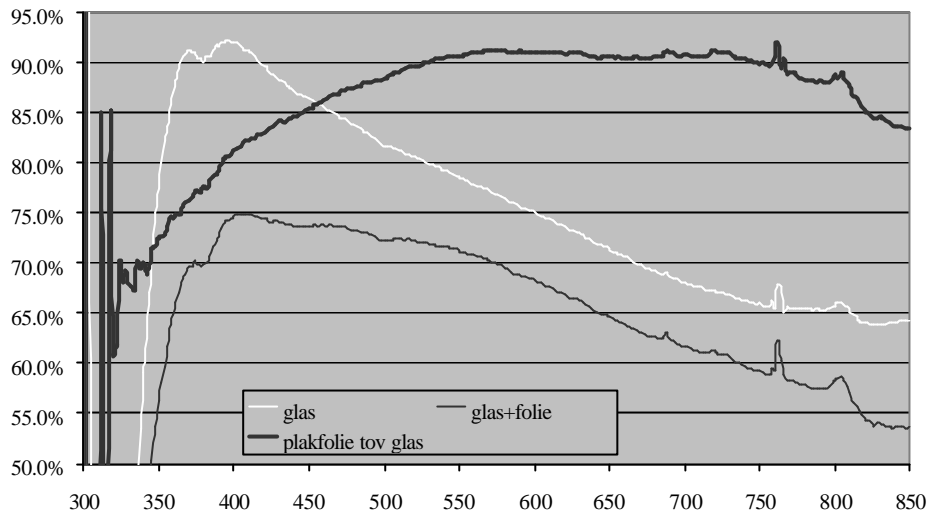
Om de effecten van de luminescentie beter zichtbaar te maken zijn dezelfde bewerkingen toegepast als op de metingen van 28 februari. Het resultaat laat een overeenkomstig effect zien, een niet of nauwelijks zichtbare luminescentie in de emissietrajekten van de beide pigmenten, zie figuur 4 en 5.

Figuur 4: Meting lichttransmissie op 26 febr. bij een lichtniveau buiten van 372  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$



Pieken in de gemeten transmissie bij 450 en tussen 650 en 700 nm als gevolg van luminescentie van de pigmenten zijn in deze figuren niet te zien. De lichttransmissie van glas met folie komt nergens boven de transmissie van glas zonder folie (100%).

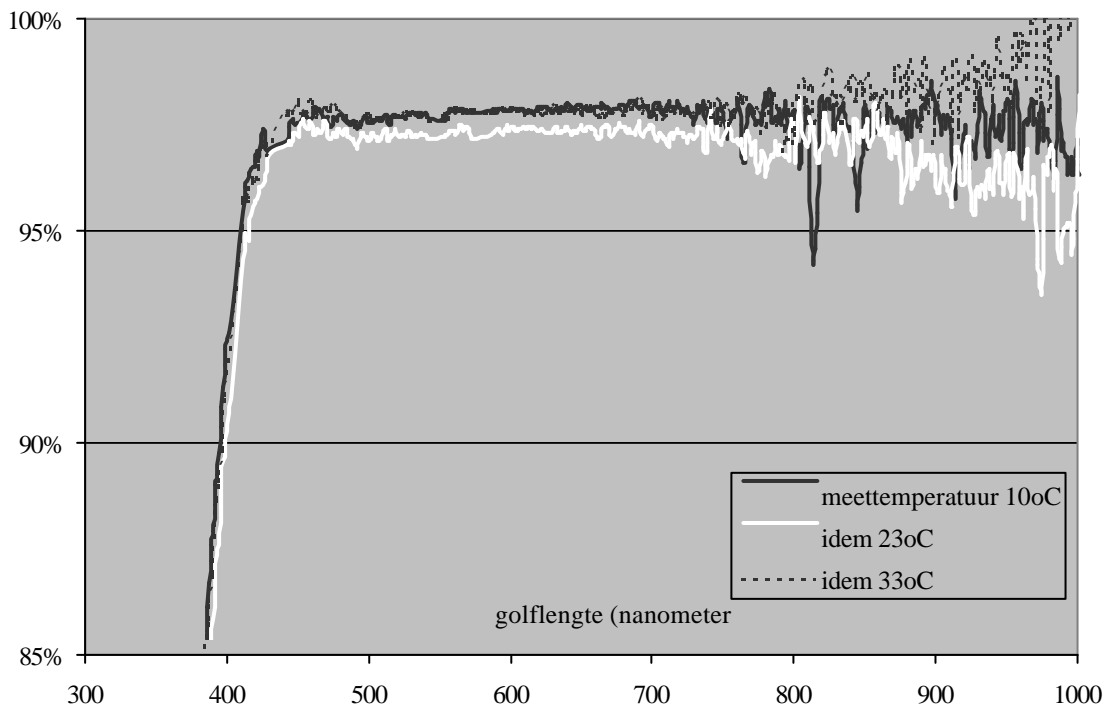
Figuur 5: Meting lichttransmissie op 1 maart 9.30 uur, lichtniveau buiten 432  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$



### 3.4 Licht metingen onder lamplicht

In een poging om de luminescentie alsnog zichtbaar te maken is de meting in Wageningen herhaald door A&F, voorheen het IMAG. Zij hebben met een speciale lamp die zowel straling produceert in het UV gedeelte van het spectrum als in het infrarode deel de meting herhaald. Hierbij is gemeten met loodrecht opvallend licht en het meetresultaat is opgenomen in figuur 5. Er is gemeten bij verschillende temperaturen om een mogelijk effect van de temperatuur op de werking van de pigmenten op te sporen.

Figuur 6: Lichttransmissie opgeplakt folie t.o.v. glas bij drie materiaaltemperaturen



Uit de figuur valt af te leiden dat het effect van de folie op het glas een verlaging inhoudt van de transmissie over het gehele traject van 400-700 nm. Het effect van de temperatuur op de gemeten lichttransmissie is heel gering. Bij geen enkele temperatuur treedt luminescentie op, van de in de folie aanwezige pigmenten, in een mate dat de transmissie van glas met folie hoger is dan van glas zonder folie.

Uit de metingen uitgevoerd op 26 februari en uitgevoerd door A&F is duidelijk te zien dat de folie kleurloos is, alle straling in het zichtbare licht tussen 400 en 700 nm, in dezelfde mate worden doorgelaten. Uit de meting gedaan op 1 maart lijkt het erop dat het blauwe licht tot 550 nm minder wordt doorgelaten. Dit moet echter worden toegeschreven aan een iets teruglopend lichtniveau tijdens het doormeten van het glas met folie. Vanwege opkomende bewolking kon de meting op die dag niet meer worden herhaald. Het doel van de meting was om te zien of er bij helder weer en een hoger lichtniveau de luminescentie van de pigmenten beter kon worden waargenomen dan bij lichte sluierbewolking. Het is wel duidelijk dat de pieken die worden verwacht bij 450 en tussen 650 en 700 nm op geen van beide meetdata duidelijk waarneembaar waren.

### 3.5 Opmerkingen Floralum bij de metingen

De werking van de fotoselectieve pigmenten is volgens Floralum sterk afhankelijk van de temperatuur. Het niet optreden van luminescentie bij de metingen met zonlicht wordt daarom toegeschreven aan de te lage temperatuur tijdens de meting. Voor een goede werking zijn temperaturen nodig van 26-28 °C.

Voorts is volgens Floralum ook de stralingsintensiteit in de maand februari te laag voor een goede werking van de pigmenten.

Dat de werking van de fotoselectieve pigmenten met lamplicht niet zichtbaar gemaakt konden worden is volgens Floralum toe te schrijven aan het spectrum van de gebruikte lamp. Deze heeft een hoge piek bij ca 450 nm en een laag aandeel straling tussen 900 en 1000 nm waardoor de luminescentie van de pigmenten wegvalt tegen de hoge straling van de lamp. In de trajecten waarin de pigmenten, geactiveerd door de geabsorbeerde straling in het UV en infrarood, luminesceren valt de toename in het lichtniveau moeilijk via meting vast te leggen.

Bij een eerdere toetsing van de werking van het pigment in heldere lak op glas in minikasjes zijn wel duidelijke effecten gevonden op planten maar kon ook geen invloed van het pigment op het doorvallend lichtspectrum worden gemeten.

## 4 Materiaal en methode praktijkproef

Om de werking van de lunimescentiefolie op de groei en productie te testen zijn op twee bedrijven telvakken uitgezet van ca. 4 bij 6 m. Er zijn op elk bedrijf twee telvakken uitgezet op een afstand van ca. 30 m afstand tot elkaar. Om verstoring in het klimaat uit te sluiten zijn ze uitgezet op minimaal 10 m afstand van het hoofdpad en minimaal 20 m vanaf de gevels. Boven één van de telvakken zijn alle ruiten op het dek aan de buitenkant afgeplakt met de folie. Om randeffecten, ook bij wat lagere zonnestanden, uit te sluiten is er bij roos een dekoppervlak van ca. 15 bij 18 m en bij tomaat van ca. 12 bij 15 m beplakt. Het telvak lag in het midden van het beplakte stuk kasdek.

Op het rozenbedrijf wordt het dek in de zomer licht gekrijt ten behoeve van de lengte van de oogstbare rozen. Het beplakte deel van de kas is niet gekrijt omdat het folie zorgt voor een wat diffuse verdeling van het doorvallend licht en daarmee de scherpte van de instraling wegneemt. Op het tomatenbedrijf wordt niet geschermd. Op beide bedrijven wordt de transmissie van wel en niet beplakte ruiten gemeten, zowel kort na aanbrengen van de folie als aan het einde van de proef. Deze meting wordt uitgevoerd door per ruit te meten hoeveel licht er valt door een deel van de ruit met een oppervlak van ruim 600 cm<sup>2</sup>.

De meting wordt uitgevoerd bij bewolkt weer (diffuus licht) en gecorrigeerd voor de continu wijzigende lichthoeveelheid buiten. De lichttransmissie van het glas boven het controlevak (onbehandeld) wordt gemeten als gemiddelde van 10-12 gemeten ruiten en op 100% gesteld. De lichttransmissie van het glas met folie wordt eveneens gemeten als gemiddelde van 10-12 ruiten en wordt vergeleken met het gemiddelde van de controle.

Op het rozenbedrijf wordt belicht met een niveau van ca. 90  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$  (7000 lux). De belichting gaat aan zodra het lichtniveau buiten daalt onder de 120 Joule/cm<sup>2</sup>. Op het bedrijf wordt de cultivar Royal Class geteeld en worden de geoogste takken over een week opgespaard en vervolgens gewogen en per lengteklasse geteld. De productie wordt gedurende de gehele zomerperiode gevolgd (week 10 t/m 40). Buiten deze periode wordt er zoveel uur belicht dat een effect van het behandelde kasdek, een beïnvloeding van het buitenlicht, klein wordt ten opzichte van altijd optredende verschillen tussen vakken. De teler volgt de gewasontwikkeling in de telvakken nauwlettend. Zodra hij meent verschillen op te merken worden er waarnemingen gedaan aan onder andere bladkleur, bladgrootte en drogestofgehalte.

Op het tomatenbedrijf worden trostomaten geteeld, cultivar Temptation. In de telvakken wordt de ontwikkeling en de productie gevolgd aan 40 stengels, verdeelt over vier rijen. Hierbij worden per tros het aantal gezette vruchten geteld en per oogstdatum het aantal en het gewicht van de geoogste trossen. Bij het geoogste gewicht wordt onderscheid gemaakt tussen het verkoopbare product en de afgeknipde afval, onvoldoende gerijpte of aangetaste vruchten. De oogst wordt gevolgd vanaf de week dat de folie is geplakt (week 24) tot aan het einde van de teelt (week 49). De teler volgt de gewasontwikkeling in beide telvakken. Zodra hij meent verschillen op te merken, worden er waarnemingen gedaan aan onder andere bladgrootte e.d. om de verschillen objectief vast te leggen.

## 5 Resultaten praktijkproef

### 5.1 Resultaten lichtmeting

De lichttransmissie van onbehandeld glas is gesteld op 100%. Deze transmissie kon worden gemeten met een verschil tussen de ruiten van  $\pm 0,5$ -1% (standaard deviatie). De verschillen tussen de ruiten worden beïnvloed door de mate van vervuiling op het glas. In juli, kort na opplakken van de folie is de transmissie van ruiten met folie vastgesteld op  $86,5\% \pm 2,1\%$  ten opzicht van onbehandeld glas. In november en december is deze lichttransmissie vastgesteld op  $87,8\%$  resp.  $88,9\% \pm 1,5\%$ . Bij de najaarsmeting kon zowel op het rozen als op het tomatenbedrijf worden gemeten, omdat het krijt was verwijderd. De meetgegevens tonen aan dat de transmissie in deze vier maanden niet is teruggelopen.

Op het rozenbedrijf is in week 17 voor de 1<sup>e</sup> maal gekrijt. Van dit middel is een hoeveelheid gebruikt die volgens de gebruiksaanwijzing zou leiden tot een lichtreductie van ca. 15%. In week 31 was de krijtlaag zover afgesleten dat er voor de 2<sup>e</sup> maal is gekrijt. Dit maal met een hoeveelheid middel die tot een lichtreductie van ca. 10% zou leiden. Bij het schoonmaken van het dek in week 37 zijn de laatste resten van het krijt op het dek verwijderd.

Bij de lichtmeting in week 28 is vastgesteld dat de lichttransmissie van het gekrijte glas gemiddeld even hoog was als van het glas met opgeplakt folie. Dit betekent dus een lichttransmissie van gemiddeld 87% ten opzichte van schoon glas. Er is daarbij wel een behoorlijke variatie tussen de diverse ruiten gemeten die uiteen liep van 84 tot 95%. Gezien de tijdstippen van krijten en de meetresultaten in week 28 mag worden aangenomen dat de lichte-hoeveelheid op het gewas in het controlevak zeker niet hoger gelegen heeft dan in het met luminescerende folie beplakte vak.

Tabel 1: Resultaten lichtmeting effect geplakt luminescerende folie op glas

| 13-jul-04                             |          |       | 10-nov-04                           |          |       | 7-dec-04                              |          |       |
|---------------------------------------|----------|-------|-------------------------------------|----------|-------|---------------------------------------|----------|-------|
| gemeten transmissie<br>tomatenbedrijf |          |       | gemeten transmissie<br>rozenbedrijf |          |       | gemeten transmissie<br>tomatenbedrijf |          |       |
| ruitnr                                | controle | folie | ruitnr                              | controle | folie | ruitnr                                | controle | folie |
| 1                                     | 98.9%    | 84.7% | 1                                   | 99.8%    | 87.9% | 1                                     | 100.0%   | 87.7% |
| 2                                     | 99.5%    | 85.5% | 2                                   | 99.9%    | 88.6% | 2                                     | 99.7%    | 88.8% |
| 3                                     | 99.6%    | 86.2% | 3                                   | 100.3%   | 88.0% | 3                                     | 99.9%    | 91.4% |
| 4                                     | 101.2%   | 86.5% | 4                                   | 100.4%   | 87.0% | 4                                     | 99.7%    | 86.8% |
| 5                                     | 101.1%   | 86.4% | 5                                   | 99.5%    | 86.5% | 5                                     | 100.7%   | 88.3% |
| 6                                     | 100.6%   | 82.2% | 6                                   | 99.6%    | 87.9% | 6                                     | 99.9%    | 89.4% |
| 7                                     | 98.7%    | 89.9% | 7                                   | 100.0%   | 90.3% | 7                                     | 99.9%    | 90.2% |
| 8                                     | 98.6%    | 88.1% | 8                                   | 99.6%    | 87.3% | 8                                     | 100.3%   | 88.4% |
| 9                                     | 100.7%   | 88.6% | 9                                   | 100.5%   | 87.8% |                                       |          |       |
| 10                                    | 101.1%   | 86.4% | 10                                  | 100.5%   | 87.6% |                                       |          |       |
| gemiddelde =                          |          |       |                                     | 100.0%   | 87.9% |                                       | 100.0%   | 88.9% |
| st deviatie =                         |          |       |                                     | 0.4%     | 1.0%  |                                       | 0.3%     | 1.5%  |

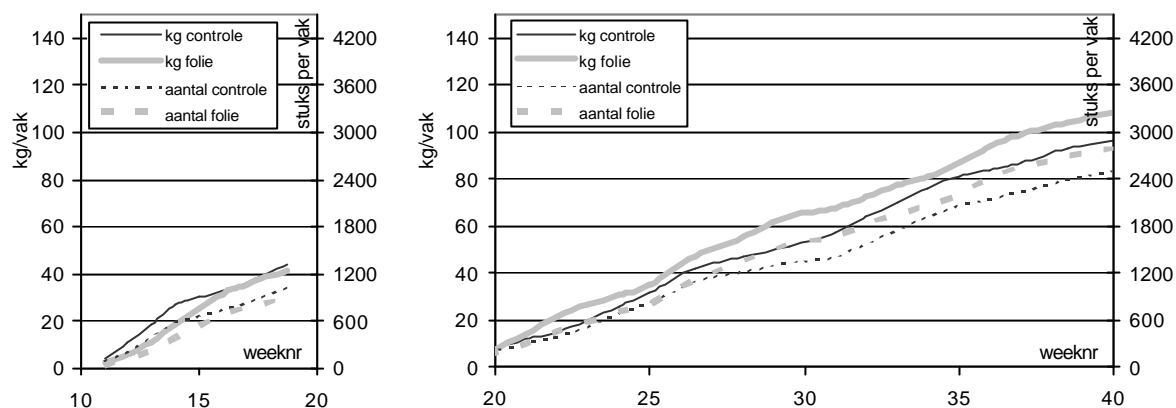
### 5.2 Resultaten bij roos

De productie bij roos is al een aantal weken gevolgd voordat het folie geplakt kon worden. In deze periode van 8 weken is één gehele snee geoogst. Uit de telling bleek dat het productieverhaal tussen de vakken minimaal was, 1,2% verschil in kg-productie. Het verschil in stuksproductie was iets groter, 5,6% doch dit kan ook veroorzaakt zijn doordat het gewas op snee stond en de sneden in beide vakken niet gelijk vielen. Tijdens de snee werden er drie maal zo veel rozen geoogst dan tussen de sneden in en het controle vak liep ca. twee weken voor op het behandelde vak. Het op snee staan van het gewas had geen effect op de taklengte en het takgewicht. Beide kwaliteitskenmerken liepen in de periode tussen week 10 en 18 iets terug, toe te schrijven aan oplopende kastemperaturen in deze maanden. Tussen de vakken waren er nauwelijks verschillen.

*Productieontwikkeling*

In de 34 weken dat de productie werd gemeten is er per vak ca. 145 kg geoogst, ca. 3600 takken. Uit de cumulatieve opbouw van de geoogste productie, figuur 7, valt af te leiden dat er tot het plakken van de folie in week 19 en geen verschillen waren in productie. Vanaf het moment van opplakken van de folie, een moment dat vrijwel samenviel met het krijten van het controlevak, is de productie uit elkaar gaan lopen. Het productieverschil was ca. 10%. Dit productieverschil is zowel in de geoogste kg als in geoogste aantallen takken te zien. Het verschil was toe te schrijven aan een verschil in groeisnelheid. In het controlevak duurde het ca. 7 tot 8 weken voor een snee was geoogst, onder de folie was dit ca. 6 tot 7 weken. Het is niet duidelijk geworden of dit werd veroorzaakt door meer licht of door een warmer microklimaat als gevolg daarvan.

Figuur 7: Productieontwikkeling van de roos in kg en stuks voor en na plakken, per proefvak



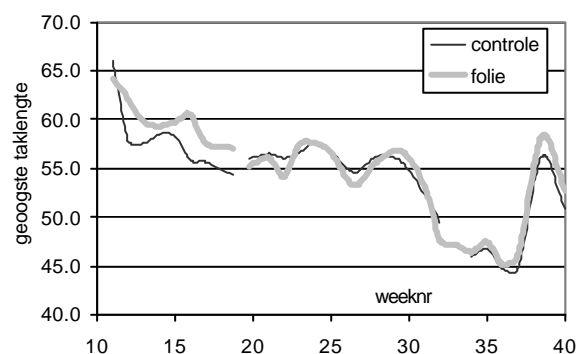
#### Tak kwaliteit

De takkwaliteit is vastgelegd zowel in de gemiddeld geoogste taklengte als in het gemiddeld geoogste takgewicht. De taklengte kon na een terugval in het voorjaar in de verdere periode gehandhaafd blijven op gemiddeld ca. 55 cm. Alleen in de periode augustus tot half september liep de gemiddelde taklengte terug naar ca. 45 cm. Tussen de behandelingen kon geen verschil worden gevonden, figuur 8.

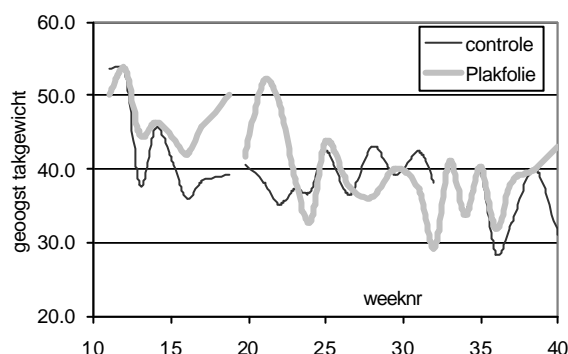
Het takgewicht kon na een terugval in het voorjaar goed gehandhaafd worden op ca. 40 gram per tak.

Tussen de behandelingen kon geen verschil worden gevonden, figuur 9.

Figuur 8: Ontwikkeling taklengte per proefvak



Figuur 9: Ontwikkeling takgewicht per proefvak



Bij het sorteren is ook gelet op verschil in knophoogte tussen de beide telvakken. Er is over de gehele periode geen verschil in knophoogte geconstateerd.

#### Gewaswaarnemingen

In week 27/28 werd door de teler gemeld dat er kleurverschil in het gewas optrad tussen de beide behandelingen. De bladkleur zou in het folievak intenser zijn. Bij vergelijking van het geoogste product en vergelijking van geplukt blad uit beide telvakken werden echter geen verschillen geconstateerd. Wel is vastgesteld dat de lichtval op het gewas tussen beide vakken verschilt. Voordat gekrijt was viel op dat de lichtreflectie op het blad onder de folie bij direct zonlicht veel geringer was. Na krijten was het verschil veel minder groot en eerder omgekeerd.

Op 8 juli zijn uit beide vakken 10 takken van de meest voorkomende taklengte meegenomen voor nader onderzoek. Verschil tussen de vakken kon niet worden aangegeven vanwege de grote spreiding in takgewicht van de tien meegenomen rozen



per vak.

Op 12 augustus is opnieuw naar het gewas gekeken. Er werd geconstateerd dat in het folievak het blad iets bleker was en de bladsteel iets vezeliger dan in het controlevak. Het blad brak moeilijker van de steel. Bij nader onderzoek aan een monster van 11 bladeren per vak, het bovenste vijfblad van de tak, bleek dat deze bladeren in het folievak 8% lichter waren dan in het controlevak en het bladoppervlak zelfs 18% lager lag. Het drogestof gehalte van beide bladmonsters was gelijk. Om bovenstaande constatering beter te onderbouwen zijn op 25 augustus uit beide vakken een bos van twintig rozen van gelijke lengte nader bekeken. Hier bleek dat er tussen de telvakken geen verschil was in stengel, blad of knopgewicht per tak maar wel in bladoppervlak. Het bladoppervlak van de rozen uit het folievak bleek gemiddeld bijna 10% kleiner dan van de rozen uit het controlevak. Het kleinere blad had wel een iets hoger drogestofgehalte dan het grotere blad van de rozen uit het controlevak.

Over de gehele onderzoeksperiode is er slechts zelden verschil geconstateerd in de stand van het gewas tussen de beide proefvakken. Slechts de periode dat de rozen relatief kort bleven, de zonnige periode in augustus met relatief hoge kastemperaturen, werden verschillen geconstateerd. Dit was tevens de periode dat het niet afgeplakte deel van de kas opnieuw is gekrijt. In het vak onder de folie bleek het blad in die tijd wat kleiner te blijven, soms ook wat lichter van kleur en vezeliger van structuur.

## 5.3 Resultaten bij tomaat

De productie bij tomaat is gevolgd vanaf het moment dat de luminescerende folie op het kasdek is aangebracht. Op dat moment hingen er ca. 6 gezette trossen per stengel aan het gewas, trossen die in de eerste zes weken na aanvang van de proef zijn geoogst. Pas vanaf de zevende tros kan gezegd worden dat deze geheel ontwikkeld zijn onder de nieuwe omstandigheden.

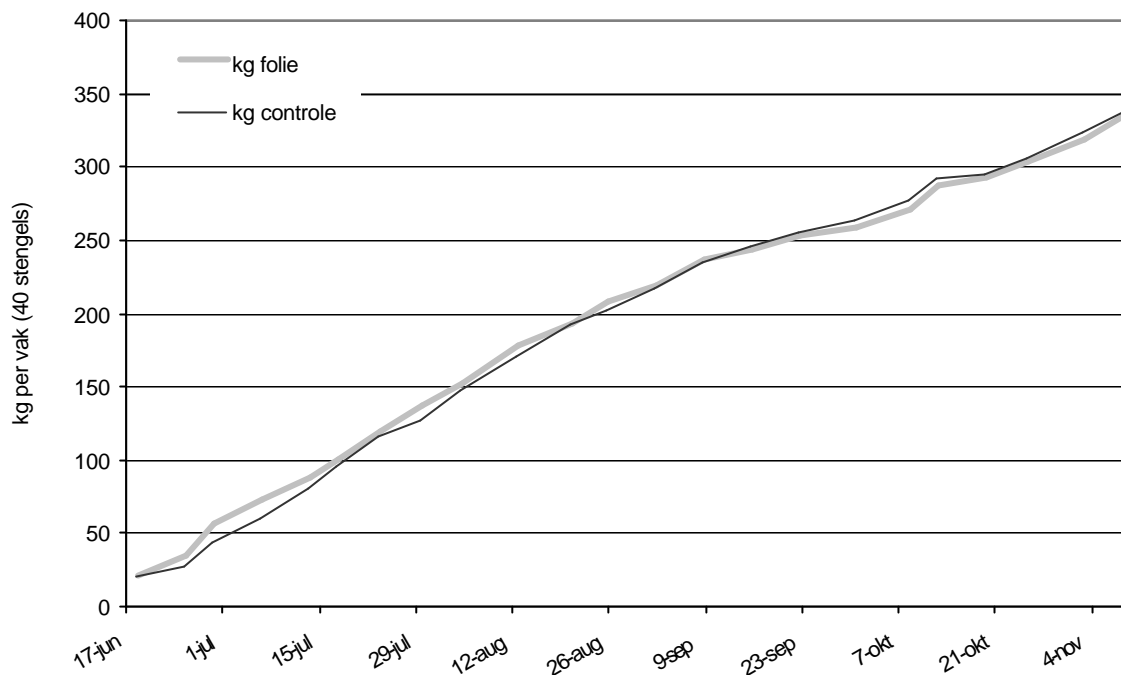
Per rij zijn 10 planten gevolgd die in het midden van het behandelde vak stonden. Door het wekelijks laten zakken van het gewas, hoge draad teelt, schoven deze planten geleidelijk op richting rand van het behandelde vak. Om randeffecten te vermijden zijn vanaf 9 augustus de voorste vijf stengels die gevolgd werden vervangen door de vijf stengels die volgden na de tiende, reeds gemerkte stengel.

Per pad, twee rijen, zijn de gelabelde trossen apart geoogst en gewogen. Daarbij is af en toe een tros gemist. De gemiste trossen zijn volgens de teler afgescheurd bij het laten zakken van de kop. Volgens instructie worden ze dan bij de eerstvolgende oogstronde opgeraapt en meegenomen. Het geoogste gewicht is voor de ca. 5% gemiste trossen gecorrigeerd. Eind september is door de inzet van een nieuwe werkploeg bij een aantal planten de kop, het groeipunt van de stengel, gebroken. In één rij zijn deze stengels, vanwege het hoge aantal, vervangen door verderop staande stengels. Op het einde van de teelt zijn ook door ziekte een aantal stengels verloren gegaan. De productie per pad is gecorrigeerd voor de door beschadiging of ziekte gemiste trossen.

### *Productieontwikkeling*

In de periode tussen week 25, half juni, en week 44, eind oktober, is er per vak ruim 280 en na correctie bijna 300 kg verkoopbaar product geoogst. Per oogstdatum zijn naast de verkoopbare kg ook de hoeveelheid afval (onrijpe en beschadigde vruchten) gewogen. Van de geoogste en gewogen productie per pad is via de labels bekend hoeveel trossen en hoeveel vruchten er geoogst zijn. Naast de productie is dus ook, van elke oogstdatum, het gewicht per tros en per vrucht bekend. De cumulatieve ontwikkeling van de geregistreerde productie liet zien dat de oogst in beide vakken gelijk op liepen, figuur 10.

Figuur 10: Productieontwikkeling van de tomaat in kg per proefvak

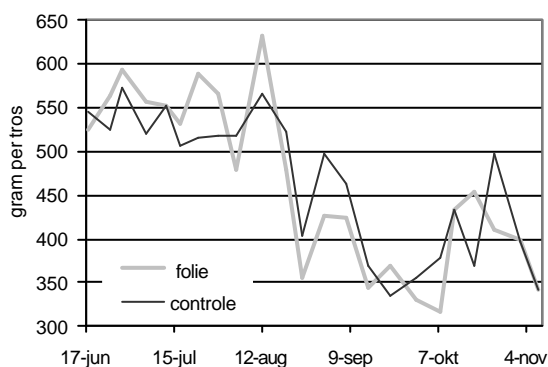


In de figuur lijkt de productie in het vak onder de folie iets achter te blijven bij het controlevak. Als gekeken wordt naar de productie per pad is er t/m 26 oktober in het vak onder de folie 148 en 154 kg geoogst en in het controlevak 145 en 159 kg. De variatie tussen de paden is dusdanig groot dat er geen betrouwbare productieverschillen zijn tussen de beide vakken. De hoeveelheid afval per vak laat geen verschil zien en ligt op 6,7 respectievelijk 6,5% voor het vak onder de folie en de controle.

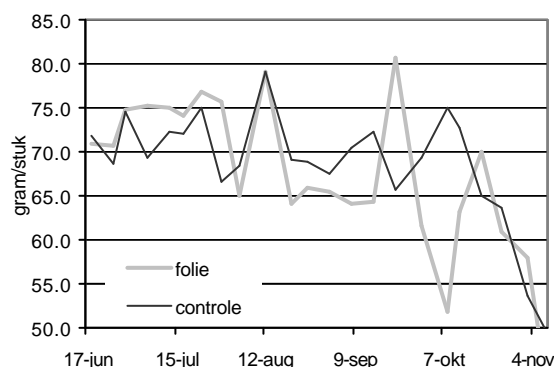
#### Kwaliteit en gewasontwikkeling

Als gekeken wordt naar de tros- en vruchtgewichten van het verkoopbare product dan blijkt ook de kwaliteit van het product tussen de beide vakken niet te verschillen, figuur 11 en 12.

Figuur 11: Verloop trossgewicht per proefvak



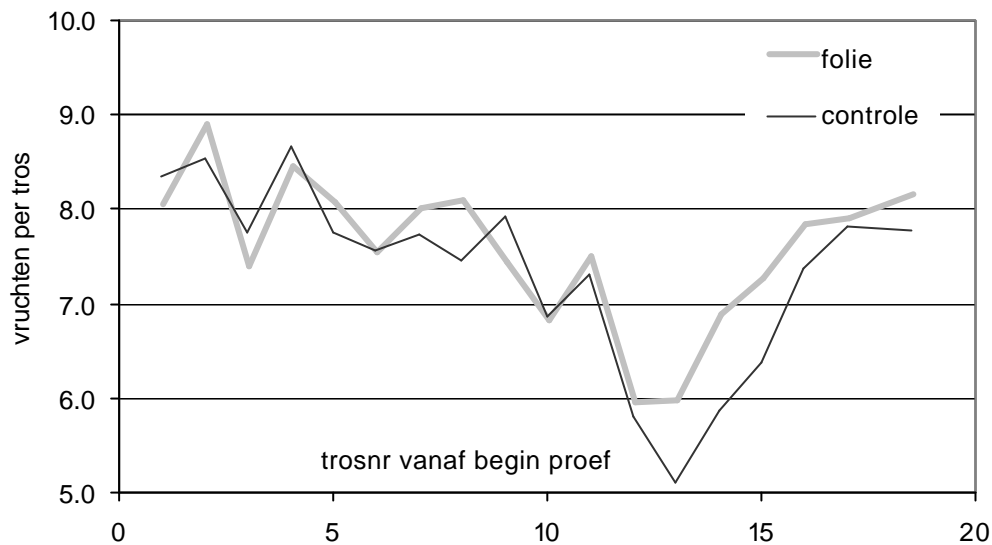
Figuur 12: Verloop vruchtgewicht per proefvak



De terugloop in tros- en vruchtgewicht loopt niet parallel. Beiden lopen terug als na de zomer de beschikbare lichthoeveelheid merkbaar achteruit gaat. Hierbij loopt het trossgewicht eerder terug dan het vruchtgewicht. Dit verschil is goed terug te vinden in de bezetting van de opvolgende trossen. Deze is bekend uit de telling en registratie van het aantal vruchten per tros. Uit deze gegevens valt naast het aantal gezette vruchten per tros ook af te leiden of er verschil bestaat in ontwikkelingssnelheid tussen de proefvakken. Het aantal gezette vruchten per geoogste tros loopt in de periode van half juni tot half september geleidelijk terug van gemiddeld 8,5 tot 7 vruchten per tros. Bij de trossen 12 en 13 zijn er duidelijk zettingsproblemen, er zijn veel trossen geteld met slechts 4 of 5 vruchten, figuur 7. De terugloop in aantal vruchten per tros is in het vak onder de folie minder diep en het herstel vindt er eerder plaats dan in het controlevak. Het relatief hoge aantal vruchten aan de trossen 13, 14 en 15 in het folievak worden gecompenseerd door een laag vruchtgewicht aan de verkoopbare trossen. Tussen de

proefvakken is weinig verschil te zien in trosgewicht.

Figuur 13: Verloop van het aantal gezette vruchten per tros voor beide proefvakken



Het herstel van het aantal vruchten aan tros 16 en hoger gaat gepaard met een sterke terugloop in het gewicht van de vruchten. Dit geldt voor beide proefvakken en is dus geen effect van de behandeling.

Uit figuur 13 is ook af te lezen dat men in beide vakken met de oogst toe is aan de 18<sup>e</sup> en 19<sup>e</sup> tros. Over een periode van 20 weken zijn dus 18 tot 19 trossen geoogst, gemiddeld bijna 1 tros per week. Er is tussen de beide proefvakken geen verschil in ontwikkelingssnelheid geconstateerd.

De visuele waarnemingen aan bladkleur en bladgrootte, die zowel door de teler als door PPO zijn gedaan, hebben geen verschillen tussen de vakken aan het licht gebracht. Er was daarom geen aanleiding om verdere metingen te doen aan het gewas.

## 6 Discussie

Het effect van de opgeplakte folie op de lichttransmissie van het glas is bij loodrecht opvallende straling vastgesteld op ca. 3%. In het vroege voorjaar is de lichttransmissie gemeten bij sluierbewolking door één van twee PAR-Quantum sensoren af te dekken met glas respectievelijk met folie op glas. Hier is het effect van de folie vastgesteld op een lichtverlies van ca. 10%. In de zomer is het effect van de folie gemeten bij volledig bewolkt weer en vastgesteld als een lichtverlies van 13-14%. De verschillen die tussen de diverse metingen zijn geconstateerd zijn geheel toe te schrijven aan de mate waarin het opvallende licht diffuus was. Diffuus licht is licht dat van alle kanten in gelijke mate intreedt. Het effect van verschil in transmissie bij meting met direct en met diffuus licht is bekend bij veel materialen.

Het lichtverlies gedurende de gehele proefperiode door aanbrengen van de folie ligt lager dan 13-14%, want dat treedt alleen op bij bewolkt weer. Het lichtverlies is wel duidelijk hoger dan 3%, want ook bij heldere hemel valt het zonlicht slechts zelden loodrecht door het glas naar binnen en ook bij heldere hemel komt een deel van de instraling als diffuus licht vanuit de hemelkoepel. Het totale lichtverlies zal daarom hoogst waarschijnlijk richting 10% gaan.

Het effect van de folie op het doervallend licht is niet alleen een vermindering van de lichthoeveelheid maar ook een verstrooiing van het licht. In de kas is dit bij helder weer goed waarneembaar geweest door een vervaging van de slagschaduw van de constructie. De reflectie van het licht op het blad, een 'schittering' van het gewas, was onder de meer diffuse belichting in het vak onder de folie duidelijk minder.

Het is bekend dat de lichtverdeling over het gewas bij heldere hemel varieert tussen ca. 88% op zonplekken tot ca. 40% in de schaduwplekken. Bij bewolkte hemel is de variatie opvallend veel kleiner, waarbij de variatie afhangt van de omtrek van de constructiedelen. De variatie blijft meestal beperkt tot 10%. Het is aannemelijk dat een betere lichtverdeling over het gewas zal leiden tot een betere lichtbenuttingsefficiëntie. Voor toetsing van deze veronderstelling wordt komend jaar onderzoek aangevraagd.

Uit de literatuur is bekend dat diffuus licht dieper in een gewas doordringt dan schuin invallend licht. Een diepere doordringing betekent een betere verdeling over het beschikbare bladpakket van volgroeide gewassen, zeker bij hoogopgaande gewassen als tomaat. In welke mate een betere doordringing leidt tot een betere lichtbenuttingsefficiëntie wordt binnen kort in een ander project binnen WUR onderzocht.

Tussen de twee getoetste gewassen is een verschil geconstateerd in reactie op de opgeplakte folie. Bij roos ging de productie ca. 10% omhoog ten opzichte van de controle, met behoud van de productkwaliteit. Bij tomaat werden geen verschillen geconstateerd tussen het beplakte vak en de controle, niet in productie en niet in de productkwaliteit. Het verschil tussen beide bedrijven was dat bij de roos het kasdek licht werd gekrijt, met een lichtverlies van ca. 15% tot gevolg, en bij tomaat niet werd gekrijt.

Als we veronderstellen dat bij de roos beide vakken in de gekrijte periode ongeveer eenzelfde lichthoeveelheid hebben ontvangen en dat op beide proefvakken het opvallende licht vooral als strooilight op het gewas viel, dan heeft de folie op het glas geleid tot een ca. 10% hogere productie in de zomer. Bij tomaat heeft de folie op het dek geresulteerd in een gelijke productie ondanks een lichtverlies van 6-13%, afhankelijk van de zonnestand en de bewolkingsgraad. Ook hier trad dus een positief effect op van de opgeplakte folie, waarschijnlijk een effect van ca. 10%.

Het productieverhogende effect van de opgeplakte folie valt niet toe te schrijven aan een mogelijke verschuiving in de lichtkwaliteit. De resultaten van de materiaalmeting hebben immers laten zien dat het materiaal kleurloos is en het gehele spectrum tussen 400 en 700 nm in vrijwel gelijke mate doorlaten. Ook op het oog is er geen kleurverschil tussen glas en glas met folie. Het is wel aannemelijk dat de diffuse verdeling van het doervallend licht een positief effect heeft op de lichtbenutting.

### 6.1 Commentaar Prof.Dr. Ruud Kraayenhof

- Ik heb met interesse de verslagen gelezen over de metingen aan Floralum folie. Het is jammer dat uit deze metingen (mede gezien niet geheel optimale hardware) geen ondubbelzinnige conclusies zijn te trekken ten aanzien van de spectrale effecten, laat staan ten aanzien van de positieve werking van de pigment folie op de opbrengst van gewassen.
- Deze werking is al eerder aangetoond bij enkele gewassen, hoewel van grote spectrale effecten (excitatie-emissie shifts) geen sprake was. Ik heb toen al gesuggereerd dat de positieve effecten misschien niet zozeer het gevolg waren van intensiteits toename van fotosynthetisch actief licht, als wel van fotomorfogenetisch effect door stimulatie bij bepaalde golflengtes (van nog onbekende sensoren).
- De theorie achter de spectrale verschijnselen is complex, zeker met een mix van kleurstoffen; helaas kunnen de

- metingen die tot nu toe in diverse laboratoria zijn verricht, niet tot eenduidige conclusies leiden.
- Het lijkt mij in dit stadium van het vooronderzoek, waarbij ook de pigment-folie eindelijk voor testen in het veld gereed is, alleszins de moeite waard om deze praktijkproeven nu te doen met diverse gewassen (let op seizoen!). Men bedenke dat slechts een paar procent opbrengstverbetering dan wel esthetische verbetering al aanzienlijke omzetverbetering kan betekenen.

-----  
Prof.Dr. Ruud Kraayenhof

Dept. of Structural Biology; Inst. of Molecular Cell Biology; Vrije Universiteit

De Boelelaan 1085; 1081 HV Amsterdam, The Netherlands

tel.: +31-20-444 7171; fax: +31-20-444 7136

e-mail: kr@bio.vu.nl

## 7 Conclusies en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies materiaalmeting

Het effect van de folie op glas:

1. De folie opgeplakt op glas verlaagt de lichttransmissie bij direct licht met ca. 10%, bij diffuus licht met ca. 13%.
2. Bij loodrecht opvallende straling blijft de verlaging van de lichttransmissie beperkt tot 3%.
3. De transmissie in het UV-stralingsgebied loopt met 20-30% terug.
4. Het effect van de luminescentie is in de meetresultaten met opvallend zonlicht of lamplicht niet of nauwelijks terug te vinden. In elk geval is de gemeten lichttransmissie van glas met folie voor elke golflengte lager dan van glas zonder folie.
5. Ook bij verschillende glastemperaturen zijn is het effect van de luminescentie niet gevonden.
6. De meetomstandigheden waaronder gemeten is, waren niet ideaal om de werking van de pigmenten te kunnen waarnemen.
  - a. Het lichtniveau buiten was niet constant (en de glastemperatuur was mogelijk te laag).
  - b. Het lamplicht bevatte slechts een beperkte hoeveelheid infrarode straling in het absorptiegebied van het pigment

### 7.2 Conclusies effecten op de productie

Effecten bij roos

1. Het lichtniveau op het gewas lag op beide proefvakken op ongeveer eenzelfde niveau.
2. Het productieniveau lag in de zomerperiode onder de opgeplakte folie ca. 10% hoger dan onder het licht gekrijte dek.
3. De productkwaliteit, taklengte en -gewicht, was op beide proefvakken gelijk.
4. De groeisnelheid was onder de folie hoger dan onder het gekrijte glas, per snee 1 week sneller op de 7-8 weken.
5. Alleen in de warmste periode is er enig verschil in gewasontwikkeling, het blad onder de folie was kleiner, soms wat lichter van kleur en vezeliger van structuur.

Effecten bij tomaat

6. Het lichtniveau op het gewas was onder de folie ca. 10% lager dan in het controlevak.
7. De productie lag in de zomer en herfstperiode op een gelijk niveau. Dit gold zowel voor de verkoopbare kg (93,5%) als voor de hoeveelheid afval (6,5%).
8. De productkwaliteit, het tros- en vruchtgewicht, was in beide proefvakken gelijk.
9. Er was geen verschil in gewasontwikkeling en groeisnelheid tussen de proefvakken.

### 7.3 Aanbevelingen

1. Onderzoek de klimateffecten van folietoepassing op kassen, ook op het microklimaat.
2. Pas het materiaal toe bij foliekassen zodat het niet leidt tot lichtverlies.
3. Ontwikkel een materiaal dat, op de kas aangebracht, geen of nauwelijks lichtverlies geeft.
4. Ontwikkel mogelijkheden voor de pigmenttoepassing in schermmiddelen
5. Onderzoek wat het effect is van de luminescentie en wat het effect van de lichtverstrooiing.

# Bijlage 1: Resultaten kwaliteits- en duurzaamheidtest

Flexcon, Providing Solutions in Pressure Sensitive Films

## Product Construction Sheet

Special exPP 800 HARD CLEAR V-58 142PolyC-9

### GENERAL DESCRIPTION:

This is a special hard clear polypropylene film coated with a removable pressure sensitive acrylic adhesive and backed with a polyester release liner.

### NOTE:

This is an experimental product, properties may change or withdrawn from the market. Feedback is required to commercialize this product.

Film is a UV stabilized PP with inorganic pigments which should (still to be confirmed) stimulate plant growth in green houses. Film has to be applied to the outside of the glass using a wet application method. This film contains no dangerous substances as mentioned in the EU-Directive 2001/59/CE and can be offered as normal waste after usage.

| PRODUCT DATA              | VALUE  | TEST METHOD                           |
|---------------------------|--|---------------------------------------|
| PHYSICAL PROPERTIES       |  |                                       |
| Thickness (micron)        | Film: 90 +/- 10 %<br>Adhesive: 20-23 +/- 3<br>Liner: 56 +/- 10 % | ASTM D 3652                           |
| Dimensional Stability (%) | MD: 0.01<br>TD: 0.01   | On Al panel at 70°C for 24 hr.        |
| ADHESION PROPERTIES**     |  |                                       |
| Adhesion from (N/m)       | Average  |                                       |
| Stainless Steel           | 341  | FTM 1 (Modified for 72 hr dwell time) |
| Acrylic                   | 407  |                                       |
| Glass                     | 297  |                                       |
| Expected Shear (hours)    | 1 (Erratic values caused by a hard removable adhesive)           | FTM 8                                 |
| Tack (gm/sq cm)           | 340  | ASTM D 2979                           |

\*\* For guidance only

This data is based on limited test results due to the custom nature of this product, not to be used for setting specifications.

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| EXPECTED EXTERIOR LIFE          | 2 years middle European climate (based on 1500hours Xenon) |
| SERVICE TEMPERATURE RANGE       | -29°C to 80°C  |
| MINIMUM APPLICATION TEMPERATURE | 10°C   |
| STORAGE STABILITY               | Two years stored at 21°C and 50% RH                        |

11/02/2004

### Product Performance and Suitability

All of the descriptive information, the typical performance data, and recommendations for the use of FLEXcon products shall be used only as a guide and do not reflect the specification or specification range for any particular property of the product. Furnishing such information is merely an attempt to assist you after you

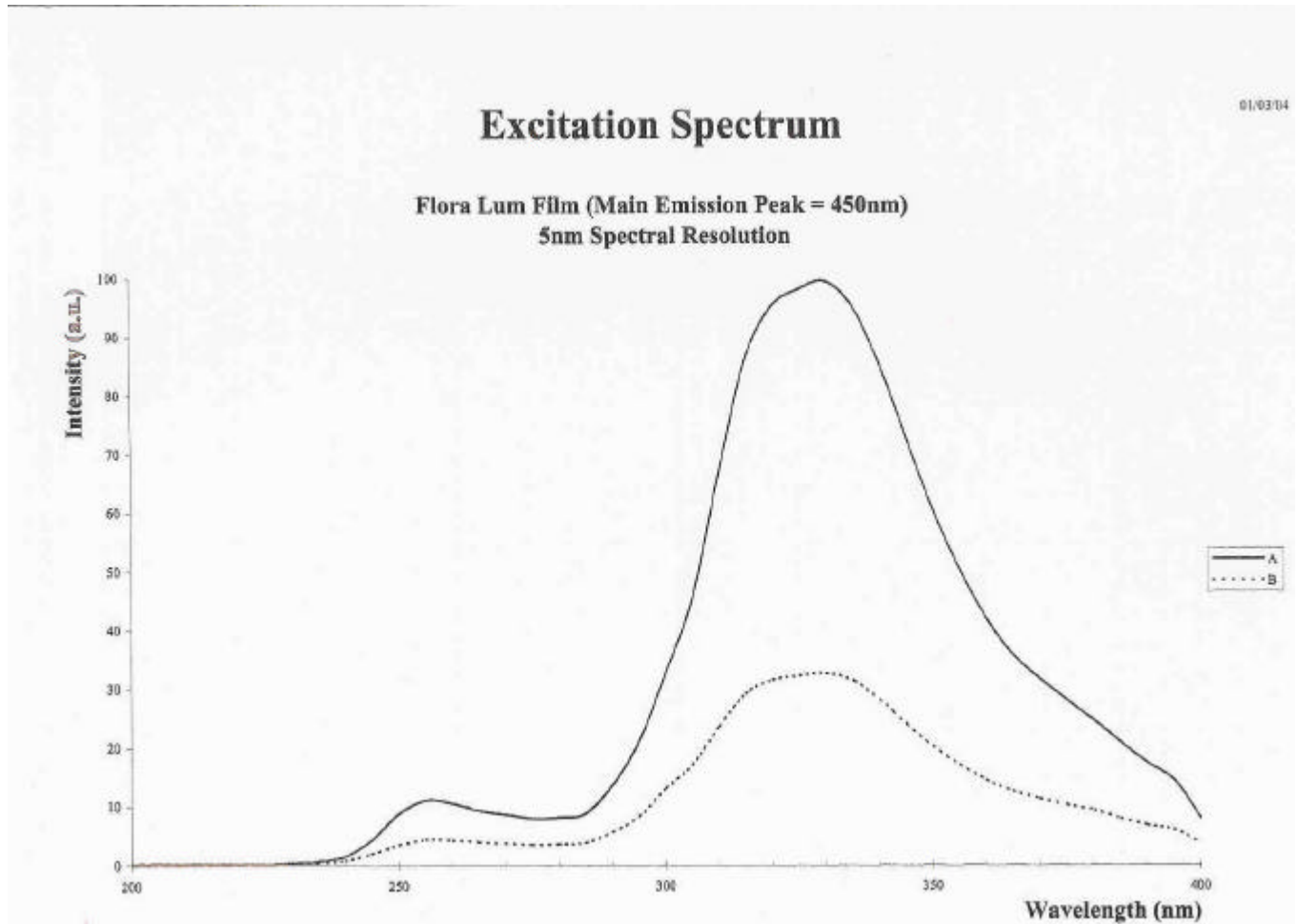
have indicated your contemplated use and shall in no event constitute a warranty of any kind by FLEXcon. All purchasers of FLEXcon products shall be responsible for independently determining the suitability of the material for the purpose for which it is purchased. No distributor, salesman, or representative of FLEXcon is authorized to give any warranty, guaranty, or make any representation in addition or contrary to the above.

---

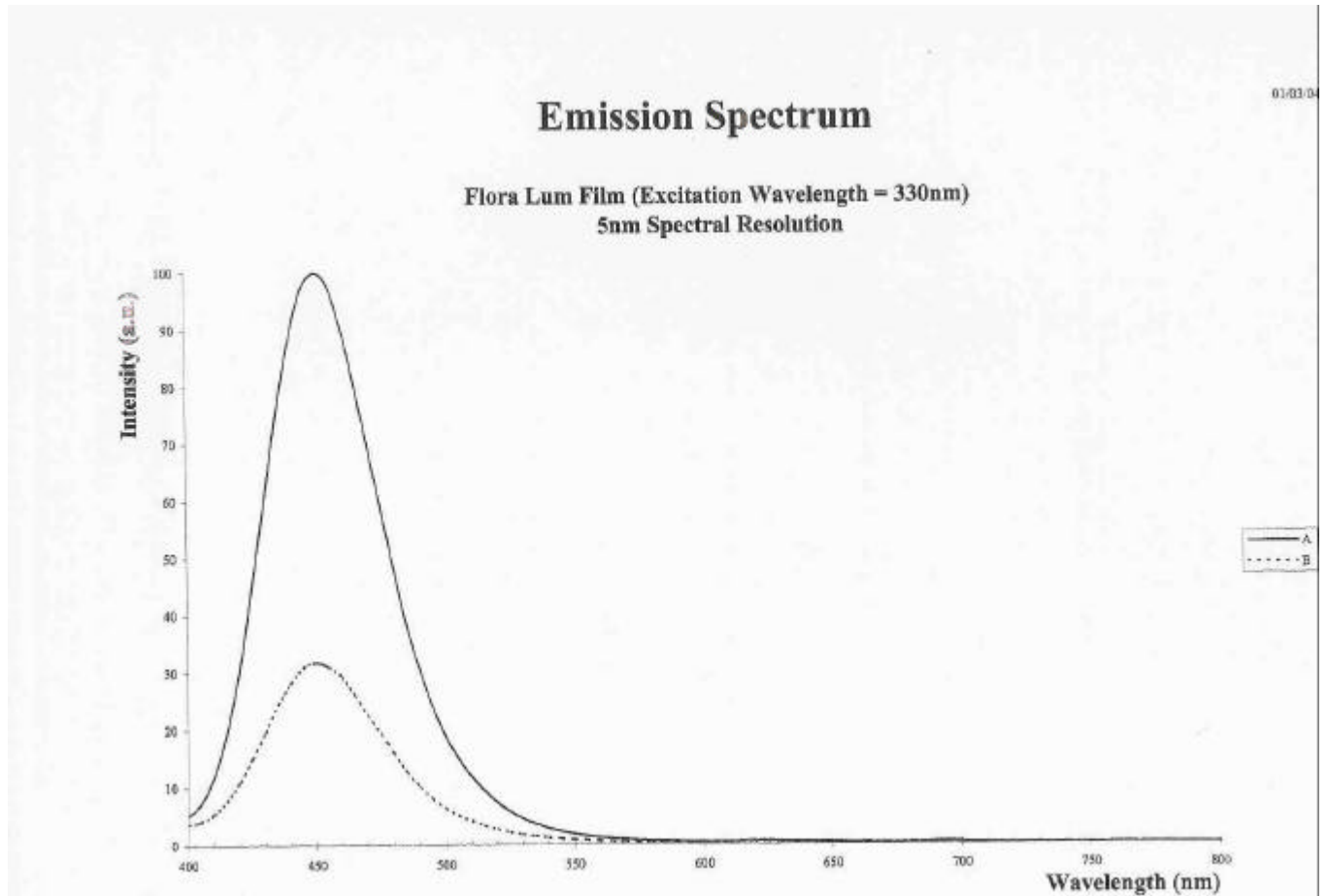
\_\_\_\_\_ FLEXcon, 1 FLEXcon INDUSTRIAL PARK, SPENCER, MA 01562-2642  
PHONE 508 885-8200 FAX 508 885-8400



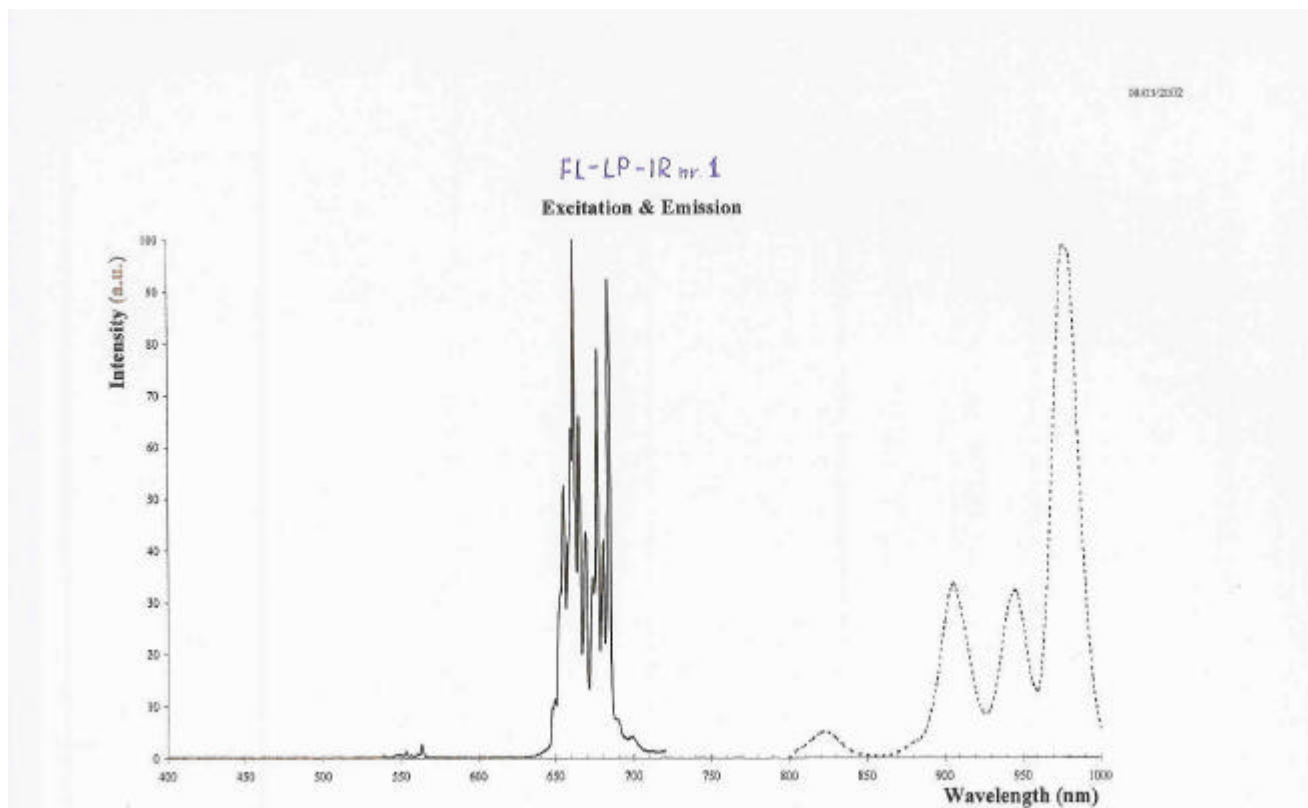
## Bijlage 2: Absorptiespectrum UV pigment in de folie



### Bijlage 3: Emissiespectrum UV-pigment in de folie



## Bijlage 4: Absorptie en Emissie spectrum IR-pigment



## Bijlage 5: Emissie spectrum IR-pigment in de folie

